

탄소 배출 없이 '그린 암모니아' 얻는 새로운 촉매 기술 개발

- 전기에너지만으로 질소를 암모니아로 전환..."탄소중립 기술로 주목"
- 암모니아 전환 효율 최대 34.5% 향상...이재영 교수팀 '양계반테 케미에 논문 게재



▲ (왼쪽부터) 최민준 박사과정생, 이재영 교수, 정선기 박사, 윤동현 석사과정생, 주형국 박사

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 연구진이 전기에너지만으로 질소를 암모니아로 전환할 수 있는 촉매를 개발해 탄소 배출이 없는 '그린 암모니아' 생산을 위한 새로운 공정을 제시했다.

질소와 수소의 화합물인 암모니아는 비료나 요소수*를 만드는 데 사용되는 중요한 물질로, 온실가스 없는 친환경 에너지원으로 기대되며 질량·부피 당 수소 밀도가 높아 차세대 수소 저장체로서 주목받고 있다.

* 요소수: 경유차에 설치되어 있는 후처리장치에 사용되는 질소산화물 환원제로서 경유차 등에서 배출한 매연을 질소와 수증기로 분해하는 역할을 한다.

현재 암모니아 생산 공정으로 하버-보슈법*이 널리 사용되고 있으나, 암모니아 합성 과정에서 에너지 소모량이 많고 상당량의 이산화탄소가 배출되기 때문에 암모니아를 친환경 수소 에너지 캐리어로 활용하기 위해서는 기존 하버-보슈법을 대체할 수 있는 친환경 암모니아 생산 공정 개발이 필수적이다.

* 하버-보슈법(Haber-Bosch process): 공업적으로 질소와 수소를 500도의 고온과 20MPa(메가파스칼) 고압에서 반응시켜 암모니아를 생산하는 공정으로, 반응 중 참여하는 수소가 화석연료 개질 공정으로 만들어지기 때문에 1톤의 암모니아를 생산하기 위해 약 2.9톤의 이산화탄소가 배출된다.

전기에너지를 이용한 암모니아 합성 공정은 에너지 소모량이 적고 화석연료 의존도를 낮출 수 있다는 점에서 새로운 탄소중립 기술로 주목받고 있으나, 전해질 내 다양한 경쟁 반응으로 인해 암모니아의 전환 효율이 매우 낮기 때문에 이를 개선하는 연구가 필요하다.

지스트 지구·환경공학부 이재영 교수 연구팀은 이산화탄소를 배출하지 않는 친환경 암모니아 생산기술로 전기에너지를 이용해 질소(N_2)를 암모니아(NH_3)로 전환하는 기술을 개발했다.

연구팀은 전기방사법을 통해 코발트-몰리브데넘이 탄소나노섬유 내부에 적절히 분포된 구조의 물질을 개발해 이를 질소환원반응 촉매로 이용하여 공기 중 질소를 고부가가치의 암모니아로 전환하는 데 성공했다.

연구팀이 제시한 촉매의 탄소나노섬유 구조에서는 반응물의 흡·탈착 세기가 적절히 조절되고, 전해질 내 물이 수소로 전환되는 경쟁반응보다 질소환원반응에 참여하는 것으로 나타났으며, 이러한 촉매를 이용한 전기화학적 암모니아 합성 시스템에서는 암모니아 전환 효율이 기존 약 10% 미만 수준에서 최대 34.5%까지 향상됐다.



▲ 질소환원반응을 통한 친환경 암모니아 생산 및 이용: 전기방사법을 이용하여 코발트와 몰리브데넘이 함유된 탄소나노섬유 촉매를 합성하였음. 질소환원반응에 높은 선택성을 갖는 이 촉매를 이용하여 그린 암모니아를 고효율로 생산하는 데 성공함.

이재영 교수는 "이번 연구 성과는 기존 공정보다 더 친환경적인 새로운 암모니아 생산 공정과 암모니아의 수소 저장체로서의 가능성을 제시했다는 점에서 큰 의미가 있다"면서 "향후 대량 생산이 가능하도록 반응기를 최적화시킨다면 암모니아 생산 공정 효율을 최대한 높일 수 있을 것으로 기대한다"고 말했다.

이번 연구는 한국연구재단의 해외우수연구기관협력 허브구축사업의 지원으로 수행되었으며, 화학 분야의 권위지인 '앙게반테 케미(Angewandte Chemie International Edition)'(IF=16.823) 에 2022년 10월 4일(화) 온라인으로 게재되었다.

용 어 설 명

1. Angewandte Chemie International Edition

- 화학공학 기술 분야의 세계적 권위를 가진 국제학술지 (2021년 기준 영향력 지수 16.823) (Chemistry, Multidisciplinary (15/179) (상위 8.38% 저널)

2. 전기화학적 질소환원반응을 통한 암모니아 합성

- 전기에너지를 이용하여 질소의 환원 반응 공정을 통한 암모니아를 합성하는 과학과 기술로, 기존 하버-보슈법의 이산화탄소 배출 문제를 보완하고 에너지 소모량이 낮은 친환경 공정이다. 전기화학적 암모니아 합성 기술 개발은 암모니아를 친환경 수소 캐리어로서 활용하는데 핵심적인 역할을 할 것으로 주목을 받고 있다.